

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 6日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-228424

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-228424 ]

出 願 人

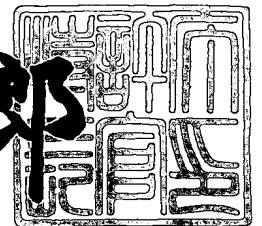
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3022013

【書類名】 特許願

【整理番号】 H102084601

【提出日】 平成14年 8月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B62D 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 清水 康夫

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 寺田 泰浩

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 渡辺 勝治

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100067356

【弁理士】

【氏名又は名称】 下田 容一郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100094020

【弁理士】

【氏名又は名称】 田宮 寛祉

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004466

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9723773

【包括委任状番号】 0011844

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電動モータでステアリング系の操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをウォームギヤ機構を介してステアリング系に伝達するようにした電動パワーステアリング装置において、前記ウォームギヤ機構は、前記電動モータ側のウォームに前記ステアリング系側のウォームホイールを噛合わせてなり、前記ウォームの圧力角を前記ウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電動パワーステアリング装置に関し、特に電動モータの補助トルクをステアリング系に伝達するウォームギヤ機構の改良技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ステアリングハンドルの操舵力を軽減して快適な操舵感を与えるために、電動パワーステアリング装置が多用されてきた。この種の電動パワーステアリング装置は、電動モータで操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをステアリング系のラックアンドピニオン機構に伝達するものであって、例えば特開平 9-30432 号公報「電動パワーステアリング装置」（以下、「従来の技術」と言う。）が知られている。以下、上記従来の技術の概要を説明する。

【0003】

図 8（a）、（b）は従来の電動パワーステアリング装置の概要図（その 1）であり、特開平 9-30432 号公報の図 1 及び図 3 を再掲する。なお、符号は振り直した。（a）は従来の電動パワーステアリング装置の模式的構成を表し、（b）は従来のウォームギヤ機構の断面構成を表す。

【0004】

(a) に示すように、従来の電動パワーステアリング装置 1 0 0 は、ステアリングハンドル 1 0 1 に加えた操舵トルクを操舵トルクセンサ 1 0 2 で検出し、そのトルク検出信号に基づき制御部 1 0 3 で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動モータ 1 0 4 で発生し、補助トルクをウォームギヤ機構 1 0 5 を介してピニオン軸 1 0 6 に伝達し、さらに、補助トルクをピニオン軸 1 0 6 からステアリング系 1 0 7 のラックアンドピニオン機構 1 0 8 に伝達するようにしたものである。

運転者の操舵トルクに電動モータ 1 0 4 の補助トルクを加えた複合トルクにより、ラック軸 1 0 9 で操舵車輪 1 1 1, 1 1 1 を操舵することができる。

#### 【 0 0 0 5 】

(b) に示すようにウォームギヤ機構 1 0 5 は、電動モータ 1 0 4 のモータ軸 1 0 4 a に形成したウォーム 1 2 1 に、ピニオン軸 1 0 6 に結合したウォームホイール 1 2 2 を噛合させてなる。

#### 【 0 0 0 6 】

ところで、電動パワーステアリング装置 1 0 0 のウォームギヤ機構 1 0 5 においては、ウォーム 1 2 1 のねじ山の進み角を、ねじ面の摩擦角よりも若干大きく設定してある。その理由は、ウォームホイール 1 2 2 側からウォーム 1 2 1 を回せるようにするためである。

#### 【 0 0 0 7 】

電動モータ 1 0 4 が補助トルクを発生していないとき（停止中など）には、操舵トルクだけで操舵車輪 1 1 1, 1 1 1 を自由に操舵できる。同時に、操舵トルクによりピニオン軸 1 0 6、ウォームホイール 1 2 2、ウォーム 1 2 1 及びモータ軸 1 0 4 a を介して、電動モータ 1 0 4 のロータ 1 0 4 b を回すことになる。

このような電動パワーステアリング装置 1 0 0 のウォームギヤ機構 1 0 5 は、次の図 9 に示す構成が一般的である。なお、1 1 2 はハウジングである。

#### 【 0 0 0 8 】

図 9 は従来のウォームギヤ機構の概要図であり、ウォーム 1 2 1 にウォームホイール 1 2 2 を噛合させた構成を示す。

ウォーム 1 2 1 のピッチ円径は  $d_1$  であり、ウォームホイール 1 2 2 のピッチ

円径は  $d_2$  である。ウォーム 1 2 1 は、ねじ山を 2 条に設定したものである。ピッチが  $p_i$  であるから、リード  $L_e$  は  $p_i$  の 2 倍である ( $L_e = 2 \times p_i$ )。ここで、「リード  $L_e$ 」とは、ウォーム 1 2 1 における、ねじ山のつる巻き線の 1 回転に対する軸方向の進み量のことである。

ウォーム 1 2 1 の圧力角並びにウォームホイール 1 2 2 の圧力角は、共に  $\alpha_3$  である。

【0 0 0 9】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術において、電動モータ 1 0 4 が補助トルクを発生していないときに、操舵トルクは電動モータ 1 0 4 の慣性の影響や、ウォームギヤ機構 1 0 5 の噛合い抵抗の影響を受ける。このような影響はできるだけ小さいことが好ましい。

【0 0 1 0】

特に加工精度等、例えば滑り面の仕上がり荒さのむら（斑）によって、ウォーム 1 2 1 に対するウォームホイール 1 2 2 の噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力に変動が生じると、操舵トルクに影響を及ぼす。操舵トルクの変動は、ステアリングハンドル 1 0 1 を円滑に操舵する妨げになるので、操舵感覚（操舵フィーリング）を高める上で、できるだけ小さいことが好ましい。

【0 0 1 1】

これに対し、滑り面間の摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム 1 2 1 並びにウォームホイール 1 2 2 の加工精度や組立精度を高めることが考えられる。しかし、これらの精度を単に高めるのでは管理工数が増すので、コストアップの要因となり得策ではなく、改良の余地がある。

【0 0 1 2】

そこで本発明の目的は、電動パワーステアリング装置におけるウォームギヤ機構の、噛合い抵抗（摩擦力）の変動による操舵トルクの変動量を低減することで、操舵感覚をより高めることができる技術を提供することにある。

【0 0 1 3】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項 1 は、電動モータでステアリング系の操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをウォームギヤ機構を介してステアリング系に伝達するようにした電動パワーステアリング装置において、ウォームギヤ機構が、電動モータ側のウォームにステアリング系側のウォームホイールを噛合させてなり、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したことを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定することによって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置を、ウォームの径内方にずらすことができる。この結果、ウォームにウォームホイールを噛合させたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。

## 【 0 0 1 5 】

ここで、電動モータを操舵トルクで回したときのことを考える。なお、ウォームで電動モータを回すトルクは、ほぼ一定である。

加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力が増すと、その分だけウォームホイールに余分な回転力が加わる。余分な回転力に応じて、ウォームホイールの歯は若干の弾性変形をする。このため、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置は、ウォームの径外方に変位する。この結果、ウォームの実際の噛合いピッチ円径は大きくなる。その分、ウォームの回転力が減少する。このようにして、滑り面間の摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォームの回転力の減少分で補正することができる。このため、ウォームホイールの回転力は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。

## 【 0 0 1 6 】

このように、加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの滑り面間の摩擦力に変動が生じた場合に、ウォームホイールの回転力の変動量をより低減させることができる。このため、操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドルを円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

## 【 0 0 1 7 】

しかも、ウォームに対するウォームホイールの摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム並びにウォームホイールの加工精度や組立精度を高める必要はない。従って、これらの精度を高めるための管理工数が不要であり、電動パワーステアリング装置のコストを抑制することができる。

#### 【0018】

さらには、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したので、ウォームにウォームホイールを噛ませたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。その分、ウォームの進み角は大きくなる。従って、ウォームによってウォームホイールを回す場合の伝動効率を、進み角が大きくなった分だけ高めることができる。

#### 【0019】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を添付図面に基づいて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。

図1は本発明に係る電動パワーステアリング装置の模式図であり、この電動パワーステアリング装置10は、車両のステアリングハンドル21から車両の操舵車輪（前輪）31、31に至るステアリング系20と、このステアリング系20に補助トルクを加える補助トルク機構40とからなる。

#### 【0020】

ステアリング系20は、ステアリングハンドル21にステアリングシャフト22及び自在軸継手23、23を介してピニオン軸（入力軸）24を連結し、ピニオン軸24にラックアンドピニオン機構25を介してラック軸26を連結し、ラック軸26の両端にボールジョイント27、27、タイロッド28、28及びナックル29、29を介して左右の操舵車輪31、31を連結したものである。

ラックアンドピニオン機構25は、ピニオン軸24に形成したピニオン24aと、ラック軸26に形成したラック26aとからなる。

#### 【0021】

運転者がステアリングハンドル21を操舵することで、その操舵トルクによりラックアンドピニオン機構25及び左右のタイロッド28、28を介して、左右



の操舵車輪 3 1, 3 1 を操舵することができる。

#### 【0 0 2 2】

補助トルク機構 4 0 は、ステアリングハンドル 2 1 に加えたステアリング系 2 0 の操舵トルクを操舵トルクセンサ 4 1 で検出し、このトルク検出信号に基づき制御部 4 2 で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動モータ 4 3 で発生し、補助トルクをウォームギヤ機構 4 4 を介してピニオン軸 2 4 に伝達し、さらに、補助トルクをピニオン軸 2 4 からステアリング系 2 0 のラックアンドピニオン機構 2 5 に伝達するようにした機構である。

運転者の操舵トルクに電動モータ 4 3 の補助トルクを加えた複合トルクにより、ラック軸 2 6 で操舵車輪 3 1, 3 1 を操舵することができる。

#### 【0 0 2 3】

図 2 は本発明に係る電動パワーステアリング装置の正面図であり、左端部及び右端部を断面して表した。この図は、電動パワーステアリング装置 1 0 のラック軸 2 6 を、車幅方向（図左右方向）に延びるハウジング 5 1 に軸方向へスライド可能に収容したことを示す。ハウジング 5 1 は、図示せぬ車体に取り付ける取付部 5 2, 5 3 を備える。3 2, 3 2 はダストシール用ブーツである。

#### 【0 0 2 4】

図 3 は図 2 の 3 - 3 線断面図であり、ラックガイド 6 0 を備えた電動パワーステアリング装置 1 0 の縦断面構造を示す。

電動パワーステアリング装置 1 0 は、ピニオン軸 2 4、ラックアンドピニオン機構 2 5、操舵トルクセンサ 4 1、ウォームギヤ機構 4 4 をハウジング 5 1 に収納し、このハウジング 5 1 の上部開口をリッド 5 4 で塞いだものである。

ハウジング 5 1 は、ピニオン軸 2 4 の上端部、長手中央部及び下端部を、上下 3 個の軸受 5 5 ~ 5 7 を介して回転可能に支承することで、縦置きにセットしたものであり、ラックガイド 6 0 を備える。

#### 【0 0 2 5】

ラックガイド 6 0 は、ラック軸 2 6 のうちラック 2 6 a を有する面の背面を押出す押圧手段であって、ラック 2 6 a と反対側からラック軸 2 6 に当てるガイド部 6 1 と、このガイド部 6 1 を圧縮ばね 6 2（調整ばね 6 2）を介して押す調整

ボルト 6 3 とからなる。

#### 【 0 0 2 6 】

ガイド部 6 1 によって、ピニオン軸 2 4 の長手方向へのラック軸 2 6 の移動を規制しつつ、ラック軸 2 6 をその軸方向へスライド可能に支持することができる。このようなラックガイド 6 0 によれば、ハウジング 5 1 にねじ込んだ調整ボルト 6 3 にて、圧縮ばね 6 2 を介してガイド部 6 1 を適切な押圧力で押すことにより、ガイド部 6 1 でラック 2 6 a に予圧を与えて、ラック 2 6 a をピニオン 2 4 a に押し付けることができる。図中、5 8 はオイルシール、6 4 はラック軸 2 6 の背面を滑らせる当て部材、6 5 はロックナットである。

#### 【 0 0 2 7 】

図 4 は図 3 の 4 - 4 線断面図であり、ピニオン軸 2 4 と電動モータ 4 3 とウォームギヤ機構 4 4 との関係を示す。

電動モータ 4 3 は、モータ軸 4 3 a を横向きにしてハウジング 5 1 に取付け、ハウジング 5 1 内にモータ軸 4 3 a を延したものである。

#### 【 0 0 2 8 】

ウォームギヤ機構 4 4 は、電動モータ 4 3 で発生した補助トルクをピニオン軸 2 4 に伝達する補助トルク伝達機構、すなわち倍力機構である。詳しく述べるとウォームギヤ機構 4 4 は、電動モータ 4 3 のモータ軸 4 3 a にカップリング 4 5 を介して連結したウォーム軸 4 6 と、ウォーム軸 4 6 に形成したウォーム 4 7 と、ウォーム 4 7 に噛み合わせたウォームホイール 4 8 とからなる。ウォームホイール 4 8 はピニオン軸 2 4 に結合したものである。

このように、ウォームギヤ機構 4 4 は、電動モータ 4 3 側のウォーム 4 7 にステアリング系 2 0 (図 1 参照) 側のウォームホイール 4 8 を噛合させてなる。

#### 【 0 0 2 9 】

この図は、水平に延びるウォーム軸 4 6 の両端部を軸受 7 1, 7 2 並びに中空偏心スリーブ 7 3 を介してハウジング 5 1 にて回転可能に支承したことを示す。7 4, 7 5 はナットである。偏心スリーブ 7 3 を回転させるだけで、ウォームホイール 4 8 に対するウォーム 4 7 のバックラッシを容易に調整することができる。

## 【0030】

図5は本発明に係るウォームギヤ機構の要部拡大図であり、ウォーム47にウォームホイール48を噛合わせた構成を示す。

ウォーム47は金属製品、例えば機械構造用炭素鋼鋼材（JIS-G-4051）等の鉄鋼製品である。ウォームホイール48は、ナイロン樹脂等の樹脂製品である。金属製品のウォーム47に樹脂製品のウォームホイール48を噛合わせるようにしたので、噛合いを比較的円滑にすることができ、騒音をより低減させることができる。

## 【0031】

ウォーム47の歯47aの軸直角断面はほぼ台形歯形であり、ウォームホイール48の歯48aの軸直角断面はインボリュート歯形である。

このようなウォームホイール48は、歯直角平面の歯形又は軸直角平面の歯形を見たときに、歯先がインボリュート曲線となだらかに繋がるとともに、ウォームホイール48の基準ピッチ線上をほぼ中心とした円弧面を有する、歯形である。このため、歯47a、歯48a同士の接触を滑らかにすることができる。

従って、ウォーム47に対するウォームホイール48の、滑り面間の摩擦力の変動による操舵トルクの変動量をより低減することができるので、ステアリングハンドル21（図1参照）をより一層円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより一層高めることができる。

## 【0032】

ウォーム47のピッチ円径はD1aであり、ウォームホイール48のピッチ円径はD2である。本発明は、ウォーム47のねじ山を1条に設定したことを特徴とする。ねじ山のピッチPiは、上記図9に示す従来のウォーム121のリードLeと同一である。

## 【0033】

ウォーム47のねじ山を1条に設定したので、ねじ山のピッチPiの精度を極めて容易に高めることができる。そして、上記図9に示す従来の複数条にした場合のように、各ねじ山同士のピッチの精度を均一にする必要もない。従って、ウォーム47に対するウォームホイール48の、滑り面間の摩擦力の変動による操

舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドル 2 1（図 1 参照）をより円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

#### 【0034】

ところで、一般的なウォームホイールの歯厚は、ねじ山のピッチ  $P_i$  の  $1/2$  程度である。これに対して、本発明のウォームホイール 4 8 は、歯厚  $t_h$  を歯たけ  $h_i$ （全歯たけ  $h_i$ ）よりも大きく設定したものである。具体的には、歯たけ  $h_i$  に対する歯厚  $t_h$  の割合は  $1.0 : 1.3$  程度である。そして、ねじ山のピッチ  $P_i$  に対する歯厚  $t_h$  の割合は  $1.0 : 0.7$  程度である。

#### 【0035】

ウォーム 4 7 は金属製品であるから剛性が大きく弾性変形し難い。これに対して、ウォームホイール 4 8 は樹脂製品であるから比較的剛性が小さく、ウォーム 4 7 よりも弾性変形し易い。歯厚  $t_h$  を大きく設定することで、ウォームホイール 4 8 の歯の弾性変形を抑制することができる。すなわち、金属製品のウォーム 4 7 に比べて、比較的剛性が小さい樹脂製品のウォームホイール 4 8 における歯厚  $t_h$  を大きく設定することで、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の剛性を十分に確保することができる。

#### 【0036】

図 6 は本発明に係るウォームに対するウォームホイールの噛合い部分の拡大図である。

一般的なウォームギヤ機構は、ウォーム 4 7 の圧力角  $\alpha_1$  とウォームホイール 4 8 の圧力角  $\alpha_2$  とが一致する。この場合には、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a が点 A 1 で噛合う。この点 A 1 を通る直径  $D_{1a}$  は、ウォーム 4 7 の理論上のピッチ円径（仮想ピッチ円径）である。

#### 【0037】

これに対して、本発明のウォームギヤ機構 4 4 は、ウォーム 4 7 の圧力角  $\alpha_1$  をウォームホイール 4 8 の圧力角  $\alpha_2$  よりも大きく設定したことを特徴とする。この場合には、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a が点 A 2 で噛合う。点 A 2 は、ウォーム 4 7 の中心 C L に対して点 A 1 よりも

接近した点である。すなわち、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a の歯底近くの位置に、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の歯先近くの位置が噛合う。この点 A 2 を通る直径 D 1 b は、ウォーム 4 7 の実際のピッチ円径であり、理論上のピッチ円径 D 1 a よりも小さい ( $D 1 a > D 1 b$ )。

#### 【 0 0 3 8 】

ところでウォームギヤ機構 4 4 は、ウォーム 4 7 のねじ山の進み角を、ねじ面の摩擦角よりも若干大きく設定してある。このため、ウォームホイール 4 8 側からウォーム 4 7 を回すことができる。

#### 【 0 0 3 9 】

次に、上記構成の電動パワーステアリング装置 1 0 についての作用を図 1、図 4、図 6 及び図 7 に基づき説明する。

図 1 において、電動モータ 4 3 が補助トルクを発生していないとき（停止中など）には、操舵トルクだけで操舵車輪 3 1、3 1 を自由に操舵することができる。同時に、図 4 に示すように、操舵トルクによってピニオン軸 2 4、ウォームホイール 4 8、ウォーム 4 7 及びウォーム軸 4 6 を介し、電動モータ 1 0 4 のロータ（図示せず）を回すことになる。

#### 【 0 0 4 0 】

図 7 (a)、(b) は本発明に係るウォームギヤ機構の作用図である。

(a) は、操舵トルクによってウォームホイール 4 8 を回すことで、ウォームホイール 4 8 からウォーム 4 7 に軸方向の力 F 2（ウォームホイール 4 8 のピッチ円方向の力 F 2、すなわち、ウォームホイール 4 8 の回転力 F 2）が作用したことを示す。

#### 【 0 0 4 1 】

停止中の電動モータ 4 3（図 1 参照）のロータをステアリングハンドル 2 1（図 1 参照）で回す場合に、ロータを回すトルクを T a としたとき、ウォーム 4 7 のピッチ円方向の力 F 1、すなわちウォーム 4 7 の回転力 F 1 はウォーム 4 7 のピッチ円径に反比例する。

#### 【 0 0 4 2 】

ところで、ウォームホイール 4 8 によってウォーム 4 7 を回す場合、ウォーム

47の回転力 $F_1$ とウォームホイール48の回転力 $F_2$ の関係を、次の一般式(1)で求めることができる。なお、ウォーム47のピッチ点における進み角を $\gamma$ とし、ねじ面の摩擦角を $\rho$ とする。

$$F_1 = F_2 \times \tan(\gamma - \rho) \quad \cdots \cdots (1)$$

【0043】

式(1)によれば、ねじ面の摩擦角 $\rho$ はウォームホイール48の回転力 $F_2$ に影響を及ぼすことが判る。摩擦角 $\rho$ は、ウォーム47に対するウォームホイール48の、滑り面間の摩擦係数に基づく。摩擦係数は、ウォーム47並びにウォームホイール48の加工精度、例えば滑り面の仕上がり荒さのむら(斑)等によって影響される。

例えば、ウォームホイール48を回転させたときに、その回転角毎に摩擦力が異なる場合には、これに応じて回転力 $F_2$ が変動する。回転力 $F_2$ の変動は操舵トルクに影響を及ぼすので、できるだけ小さいことが好ましい。

【0044】

これに対して本発明は、上記図6に示すように、ウォーム47の圧力角 $\alpha_1$ をウォームホイール48の圧力角 $\alpha_2$ よりも大きく設定したものである。このため図7(a)に示すように、ウォーム47の歯47aに対してウォームホイール48の歯48aが点A2で噛合っている。従って、点A2に作用したウォームホイール48の回転力 $F_2$ により、ウォーム47は回転する。

【0045】

ところで、実線で示すウォームホイール48の歯48aは、回転力 $F_2$ の反力によって、想像線で示すように歯厚方向へ歯47aから離れるように、極く僅かに弾性変形する。この結果、ウォーム47の歯47aに対するウォームホイール48の歯48aの噛合い位置が、ウォーム47の径外方へ若干変化する。このように変化した状態を図7(b)に示す。

【0046】

詳しく説明すると、電動モータ43(図4参照)のロータを回すトルク $T_a$ は、ほぼ一定である。ウォーム47のピッチ円径が $D_1$ であって、このときの進み角が $\gamma$ であり、ねじ面の摩擦角 $\rho$ が一定であれば、ウォーム47の回転力 $F_1$

は一定であり、この結果、ウォームホイール 4 8 の回転力  $F_2$  も一定である。

【0 0 4 7】

一方、ウォームホイール 4 8 を回転させたときに、その回転角毎に滑り面の仕上がり荒さのむらによって、摩擦係数が異なる場合には、これに応じてねじ面の摩擦角  $\rho$  は変動する。摩擦角  $\rho$  に応じて回転力  $F_2$  も変動しようとする。回転力  $F_2$  が増大すると、これに対応してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の弾性変形量が増大する。このため、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対するウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の噛合い位置は、ウォーム 4 7 の径外方に変位する。

【0 0 4 8】

ここで、回転力  $F_2$  の大きさに応じて、噛合い位置が点 A 2 からウォーム 4 7 の径外方の点 A 1 まで変位し、この点 A 1 で噛合い位置が安定したことを考える。噛合い位置が変位することで、回転力  $F_2$  の作用点も点 A 2 から点 A 1 に変位する。

なお、ウォーム 4 7 のピッチ円径が  $D_{1b}$  から  $D_{1a}$  まで変化する変化量に対して、進み角  $\gamma$  の変化量は極く微小である。このため上記式 (1) では、進み角  $\gamma$  の変化については無視しても実質的に差し支えない。

【0 0 4 9】

点 A 2 を通るピッチ円径  $D_{1b}$  に対して、点 A 1 を通るピッチ円径  $D_{1a}$  は大きい。上述のように、ウォーム 4 7 の回転力  $F_1$  はウォーム 4 7 のピッチ円径に反比例する。ウォーム 4 7 のピッチ円径が  $D_{1b}$  から  $D_{1a}$  へ大きくなった分、回転力  $F_1$  は減少する。そして、摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォーム 4 7 の回転力  $F_1$  の減少分で補正する。このため、ウォームホイール 4 8 の回転力  $F_2$  は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。従って、回転力  $F_2$  の変動量をより低減することができる。この結果、操舵トルクの変動量を低減することができる。

【0 0 5 0】

以上の説明をまとめると、ウォーム 4 7 の圧力角  $\alpha_1$  をウォームホイール 4 8 の圧力角  $\alpha_2$  よりも大きく設定することによって、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の噛合い位置を、ウォーム 4 7 の径内方に（点 A 1 から点 A 2 に

）ずらすことができる。この結果、ウォーム４７にウォームホイール４８を噛合させたときの、ウォーム４７の実際の噛合いピッチ円径を、 $D1a$ から $D1b$ に小さくすることができる。

#### 【００５１】

ここで、電動モータ４３が補助トルクを発生していない場合（停止中など）で、電動モータ４３を操舵トルクで回したときのことを考える。なお、ウォーム４７で電動モータ４３を回すトルク $Ta$ は、ほぼ一定である。

加工精度等によって、ウォーム４７に対するウォームホイール４８の噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力が増すと、その分だけウォームホイール４８に余分な回転力が加わる。

#### 【００５２】

余分な回転力に応じて、ウォームホイール４８の歯４８ａは若干の弾性変形をする。このため、ウォーム４７に対するウォームホイール４８の噛合い位置は、ウォーム４７の径外方に（点 $A2$ から点 $A1$ に）変位する。この結果、ウォーム４７の実際の噛合いピッチ円径は、 $D1b$ から $D1a$ に大きくなる。その分、ウォーム４７の回転力 $F1$ が減少する。

#### 【００５３】

このようにして、滑り面間の摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォーム４７の回転力 $F1$ の減少分で補正することができる。このため、ウォームホイール４８の回転力 $F2$ は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。従って、ウォームホイール４８の回転力 $F2$ は、ほとんど変化しないことになる。

#### 【００５４】

このように、加工精度等によって、ウォーム４７に対するウォームホイール４８の滑り面間の摩擦力に変動が生じた場合に、ウォームホイール４８の回転力 $F2$ の変動量をより低減させることができる。このため、操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドル２１を円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

#### 【００５５】

しかも、ウォーム４７に対するウォームホイール４８の摩擦力の変動量を低減



させるために、ウォーム 4 7 並びにウォームホイール 4 8 の加工精度や組立精度を高める必要はない。従って、これらの精度を高めるための管理工数が不要であり、電動パワーステアリング装置 1 0 のコストを抑制することができる。

#### 【0 0 5 6】

さらには、ウォーム 4 7 の圧力角  $\alpha 1$  をウォームホイール 4 8 の圧力角  $\alpha 2$  よりも大きく設定したので、ウォーム 4 7 にウォームホイール 4 8 を噛合わせたときの、ウォーム 4 7 の実際の噛合いピッチ円径を、 $D 1 a$  から  $D 1 b$  に小さくすることができる。その分、ウォーム 4 7 の進み角  $\gamma$  は大きくなる。

#### 【0 0 5 7】

ウォーム 4 7 によってウォームホイール 4 8 を回す場合の伝動効率  $\eta$  は、次の一般式 (2) で求めることができる。なお、ウォーム 4 7 のピッチ点における進み角を  $\gamma$  とし、ねじ面の摩擦角を  $\rho$  とする。

$$\eta = \tan \gamma / \tan (\gamma + \rho) \quad \cdots \cdots (2)$$

式 (2) によれば、進み角  $\gamma$  が大きくなった分だけ伝動効率  $\eta$  を高めることができることが判る。

#### 【0 0 5 8】

##### 【発明の効果】

本発明は上記構成により次の効果を発揮する。

請求項 1 は、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定することによって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置を、ウォームの径内方にずらすことができる。この結果、ウォームにウォームホイールを噛合わせたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。

#### 【0 0 5 9】

ここで、電動モータを操舵トルクで回したときのことを考える。なお、ウォームで電動モータを回すトルクは、ほぼ一定である。

加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力が増すと、その分だけウォームホイールに余分な回転力が加わる。余分な回転力に応じて、ウォームホイールの歯は若干の弾性変形をす

る。このため、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置は、ウォームの径外方に変位する。この結果、ウォームの実際の噛合いピッチ円径は大きくなる。その分、ウォームの回転力が減少する。このようにして、滑り面間の摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォームの回転力の減少分で補正することができる。このため、ウォームホイールの回転力は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。

#### 【0060】

このように、加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの滑り面間の摩擦力に変動が生じた場合に、ウォームホイールの回転力の変動量をより低減させることができる。このため、操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドルを円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

#### 【0061】

しかも、ウォームに対するウォームホイールの摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム並びにウォームホイールの加工精度や組立精度を高める必要はない。従って、これらの精度を高めるための管理工数が不要であり、電動パワーステアリング装置のコストを抑制することができる。

#### 【0062】

さらには、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したので、ウォームにウォームホイールを噛合わせたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。その分、ウォームの進み角は大きくなる。従って、ウォームによってウォームホイールを回す場合の伝動効率を、進み角が大きくなった分だけ高めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の模式図

##### 【図2】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の正面図

##### 【図3】

図2の3-3線断面図

## 【図 4】

図 3 の 4 - 4 線断面図

## 【図 5】

本発明に係るウォームギヤ機構の要部拡大図

## 【図 6】

本発明に係るウォームに対するウォームホイールの噛合い部分の拡大図

## 【図 7】

本発明に係るウォームギヤ機構の作用図

## 【図 8】

従来の電動パワーステアリング装置の概要図

## 【図 9】

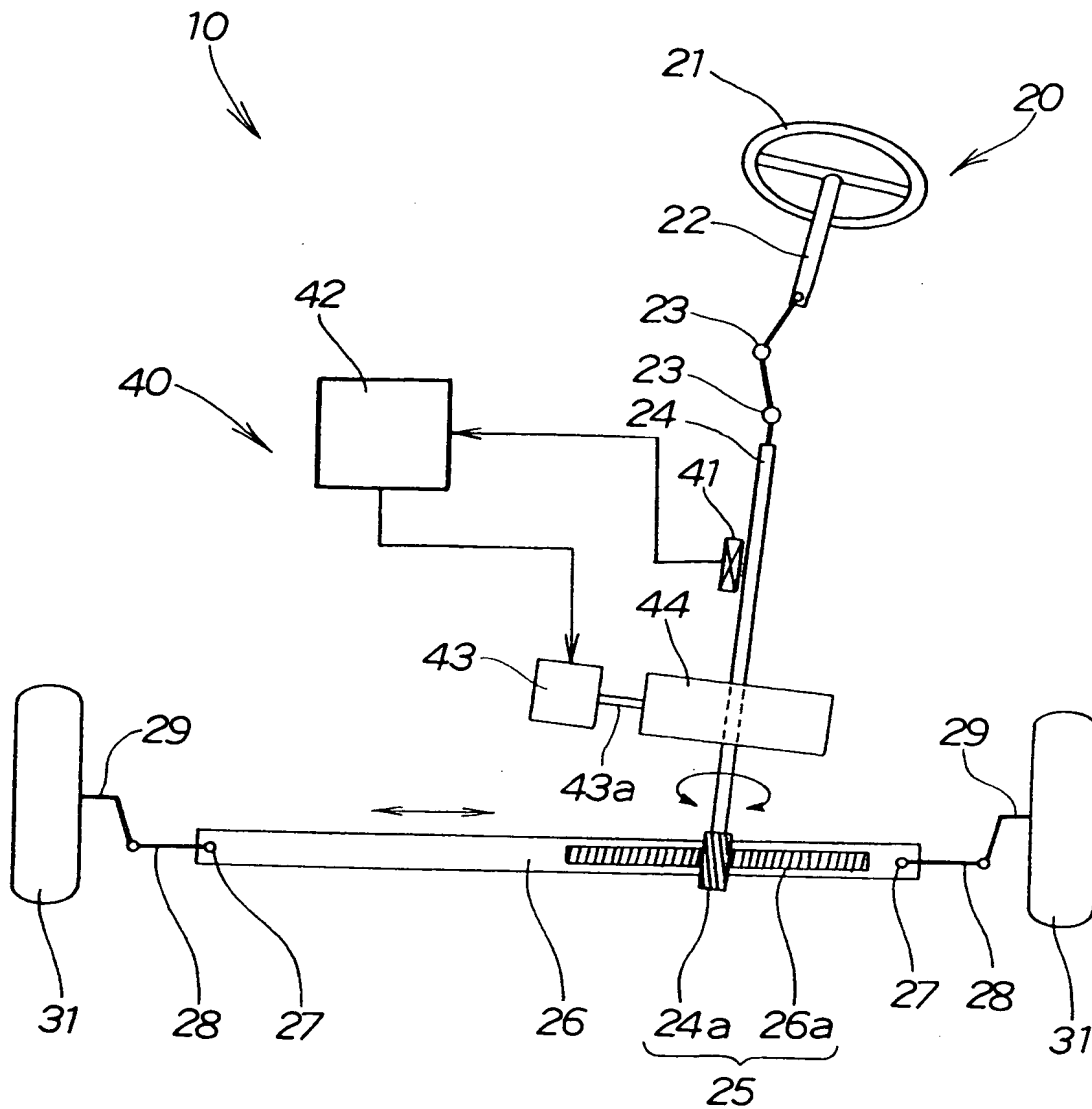
従来のウォームギヤ機構の概要図

## 【符号の説明】

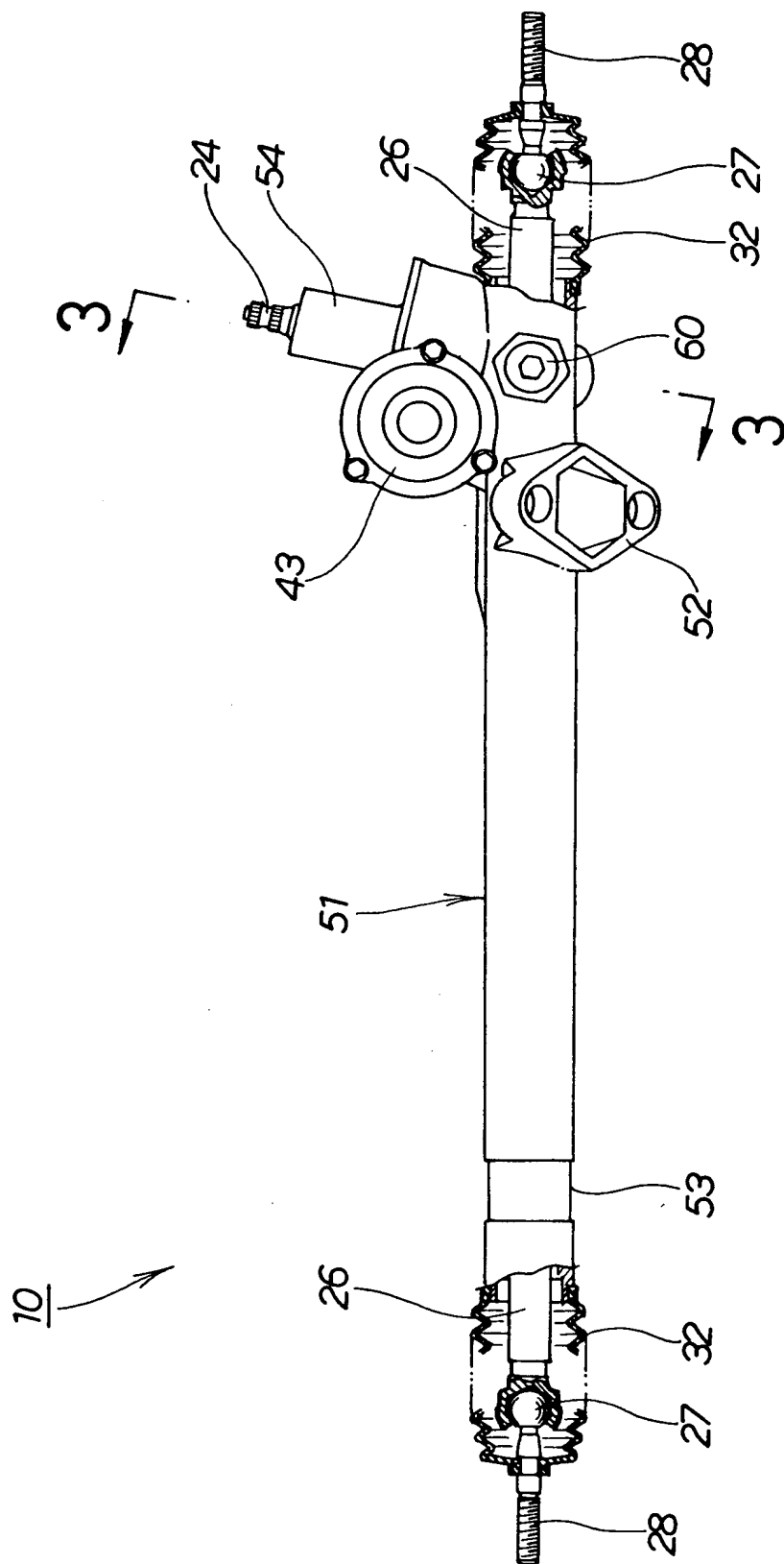
1 0 … 電動パワーステアリング装置、 2 0 … ステアリング系、 4 3 … 電動モータ、 4 4 … ウォームギヤ機構、 4 7 … ウォーム、 4 8 … ウォームホイール、  $\alpha 1$  … ウォームの圧力角、  $\alpha 2$  … ウォームホイールの圧力角。

【書類名】 図面

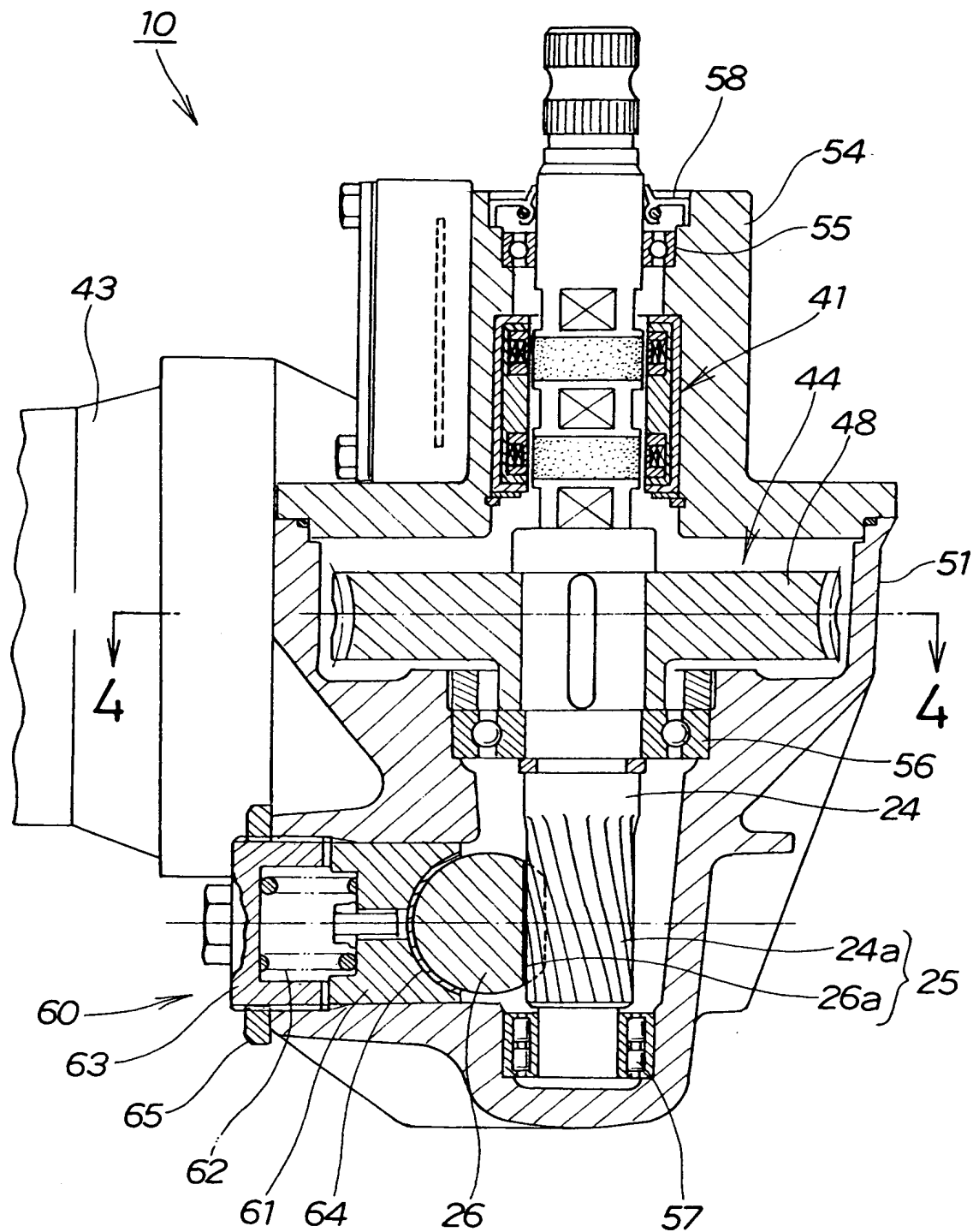
【図 1】



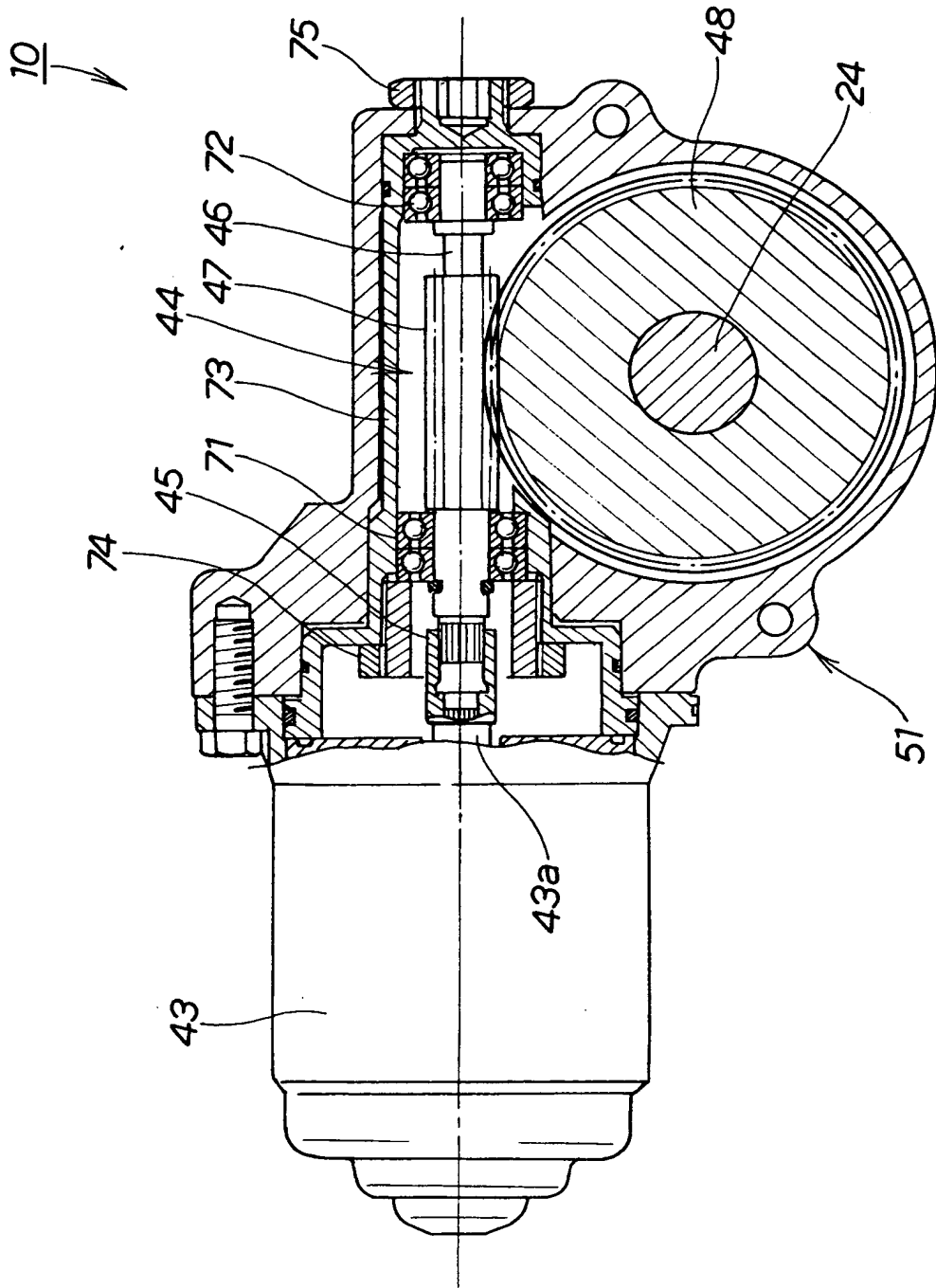
【図 2】



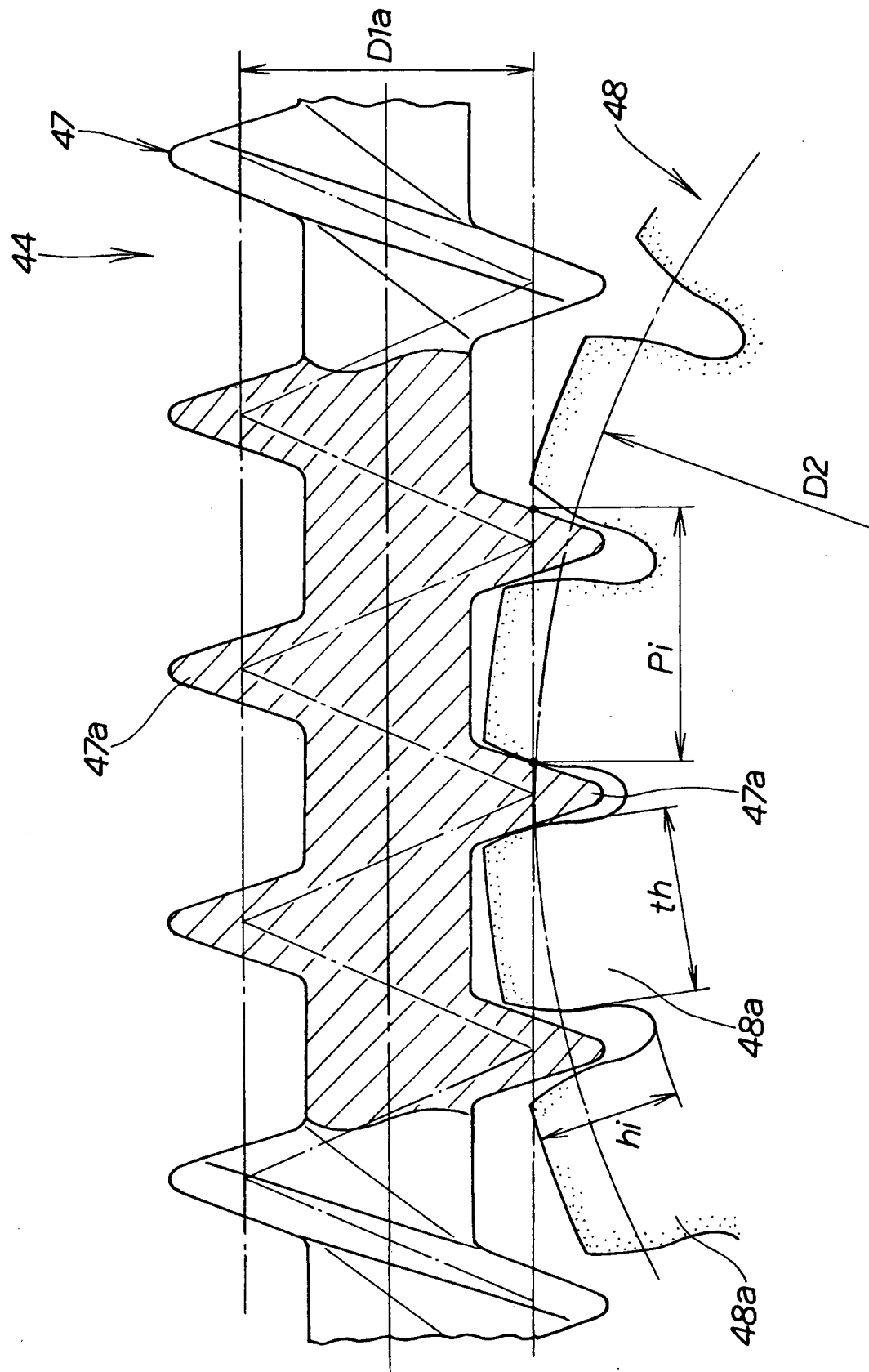
【図3】



【図 4】



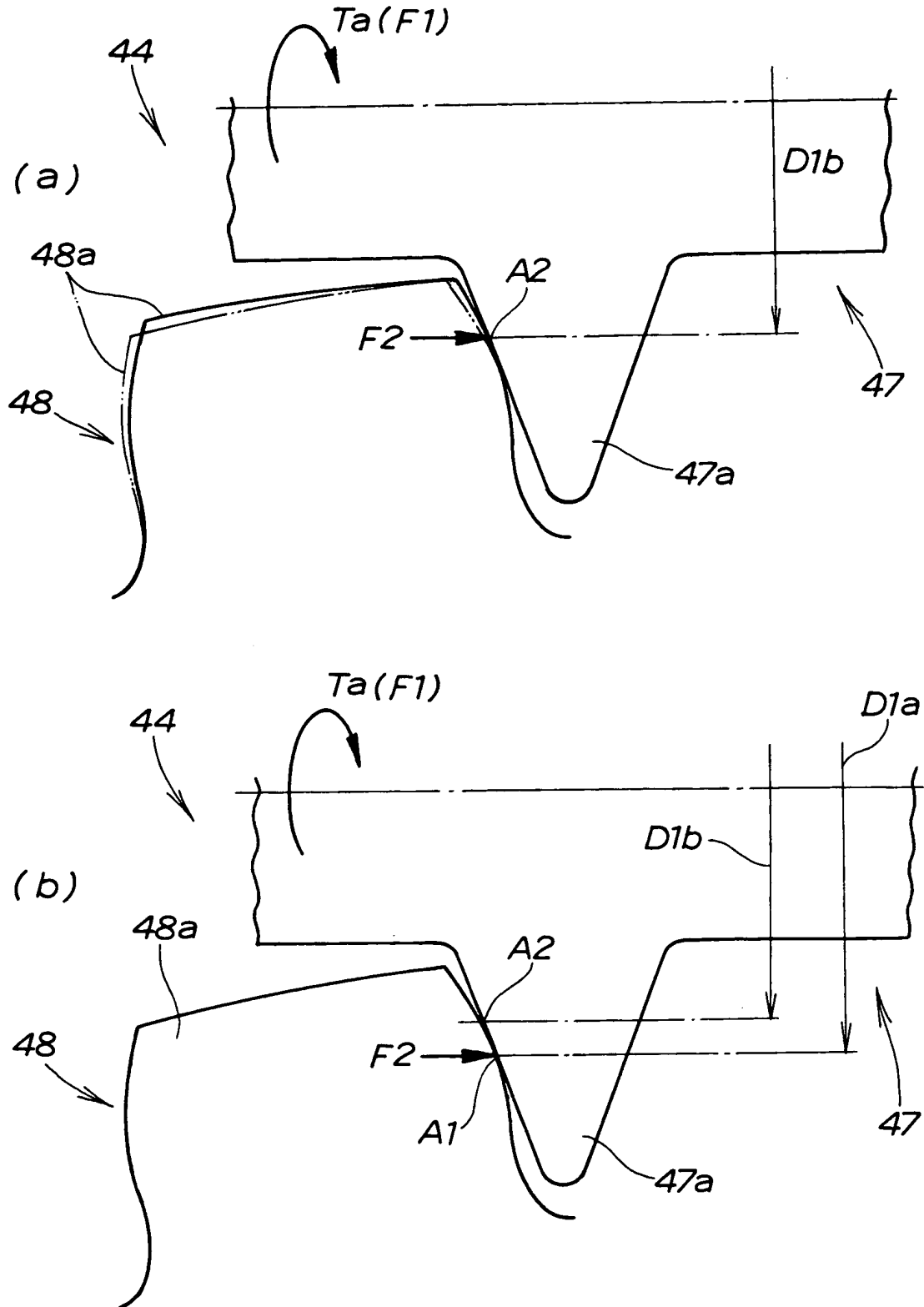
【図 5】



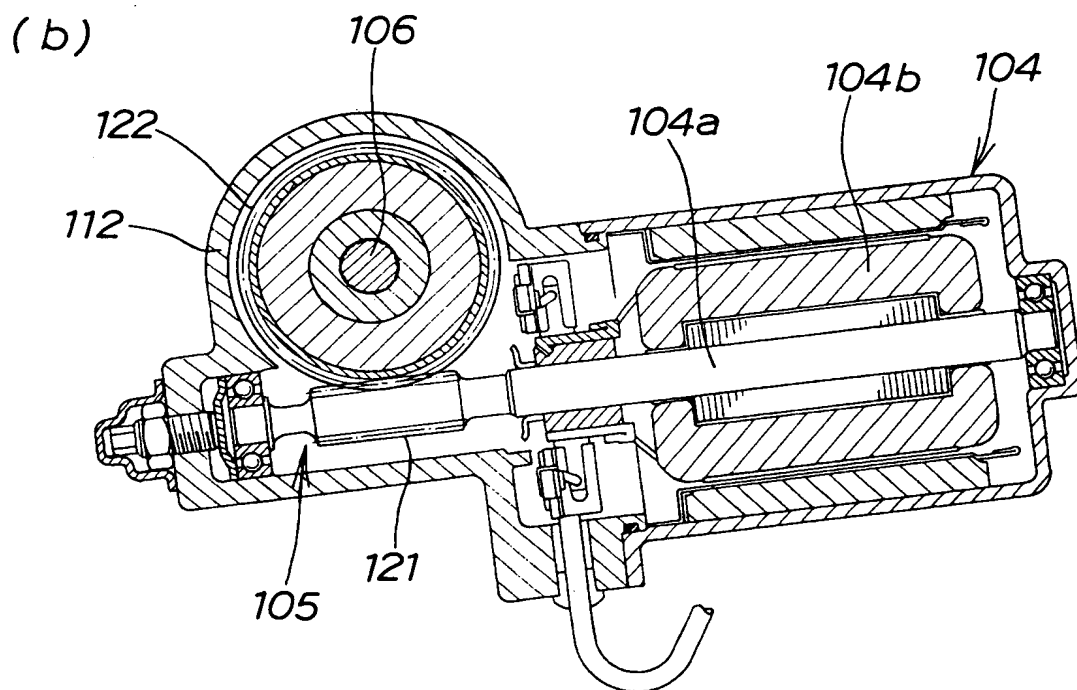
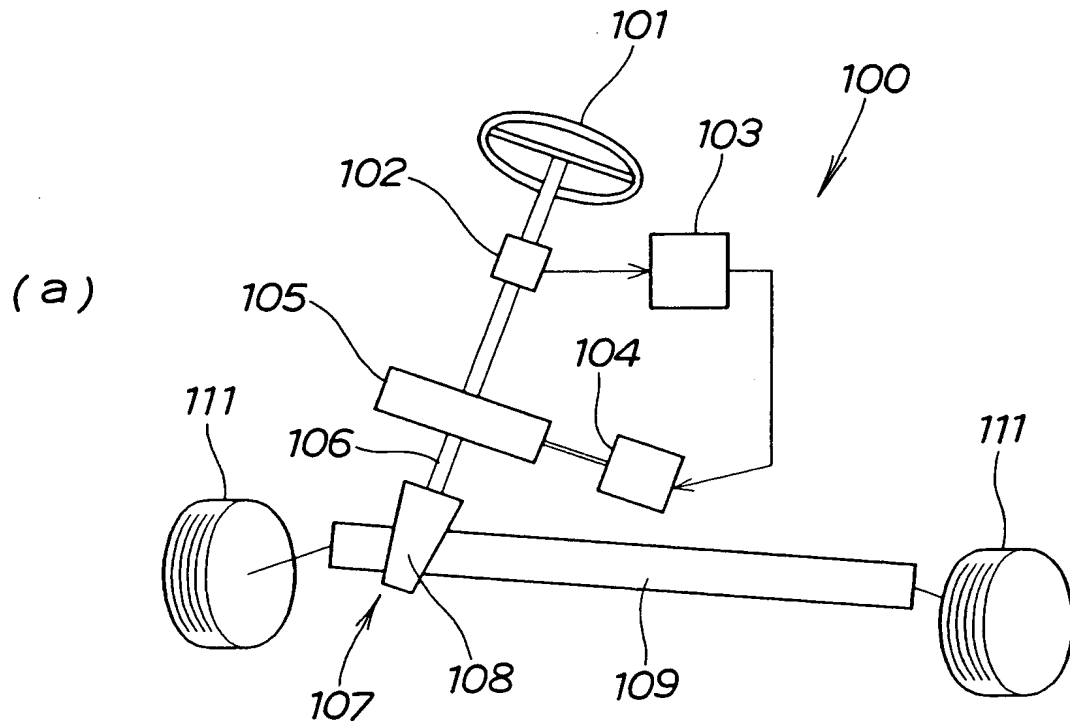




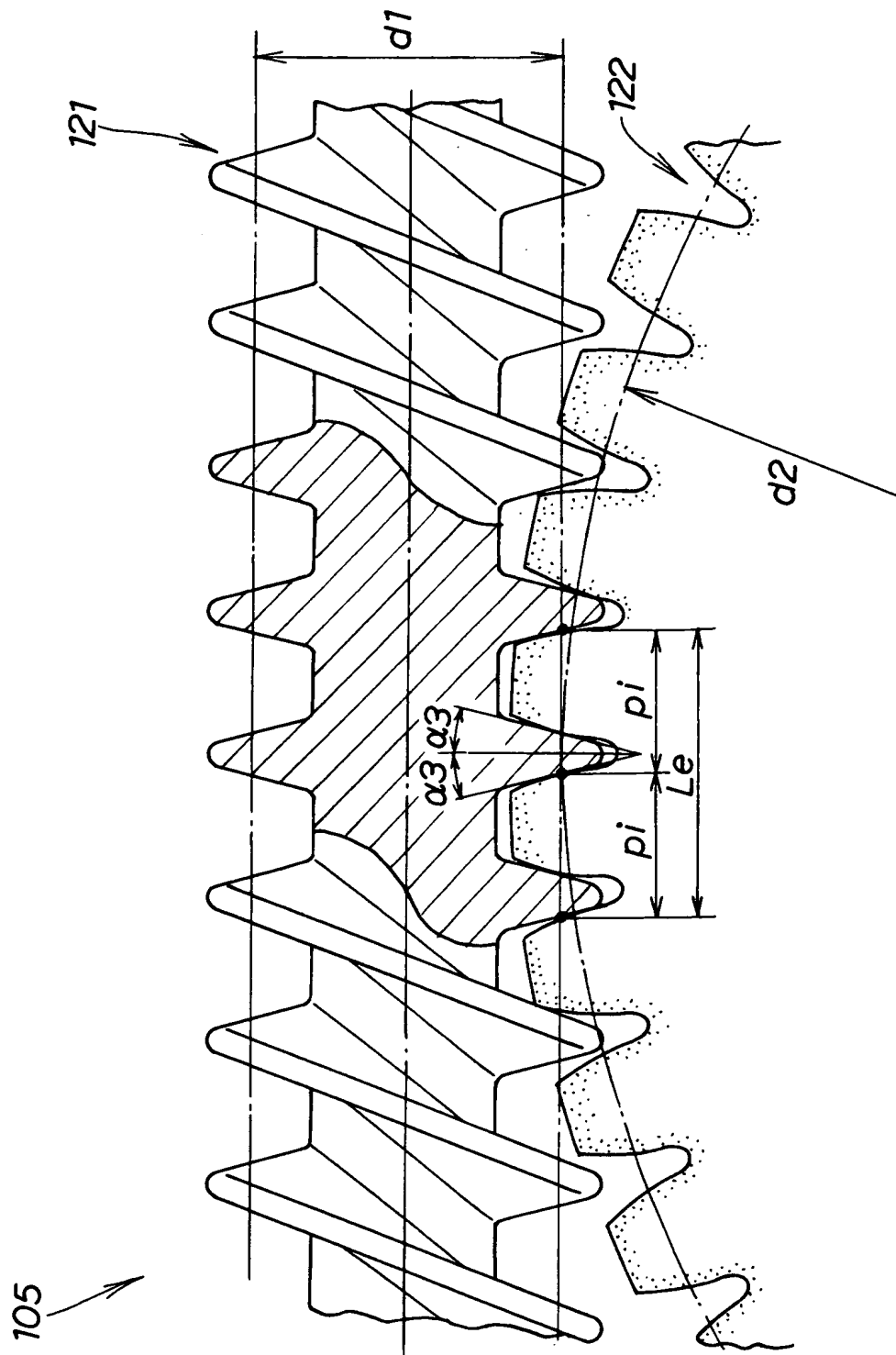
【図7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電動パワーステアリング装置におけるウォームギヤ機構の、噛合い抵抗の変動による操舵トルクの変動量を低減することで、操舵感覚をより高めること。

【解決手段】 電動パワーステアリング装置は、電動モータでステアリング系の操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをウォームギヤ機構 4 を介してステアリング系に伝達するようにしたものである。ウォームギヤ機構は、電動モータ側のウォーム 4 7 にステアリング系側のウォームホイール 4 8 を噛合わせてなる。ウォームの圧力角  $\alpha 1$  は、ウォームホイールの圧力角  $\alpha 2$  よりも大きい。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区南青山二丁目1番1号  
氏 名 本田技研工業株式会社